

# 以除濕乾燥法製造柿餅之研究

史宏財<sup>1</sup> 許明仁<sup>2</sup>

## 摘 要

本研究為解決以自然日曬法製造柿餅過程中常因陰雨天候造成大量腐敗，期以人工除濕乾燥製造出優良品質之柿餅。本試驗將總量935公斤之柿青，分四批先後逐日置於控制溫濕度之乾燥室內(28.0 - 30.5 °C、RH 48.3 - 69.8%)，經5次間歇循環操作(每個循環為除濕18小時，停機6小時)製成柿餅；結果顯示其較自然日曬法約快兩天，並發現除濕乾燥室之除濕機除濕能力不足時，會導致乾燥室之濕度上升，在柿青進行乾燥之第三或第四天，即柿子果實開始成熟軟化時，發生腐爛現象。以除濕乾燥法製造之柿餅，其色澤與日曬乾燥法所製者相同，呈均一誘人之金黃色。果糖及葡萄糖為柿餅中主要之糖類，在乾燥過程中因水蒸發而濃度增加，而以自然日曬法者較高。柿餅之硬度在除濕乾燥後四天達到最高之530克；自然日曬法製得之柿餅，則在乾燥後約七天才達到相同之硬度。柿餅乾燥過程中水分活性持續下降，但仍未達常溫下可以保存之程度。

關鍵詞：柿餅、除濕乾燥、品質分析。

## 前 言

柿子屬溫帶果樹，在本省栽培約一千公頃左右，主要分佈地區為新竹縣、苗栗縣、台中縣與嘉義縣等地區，栽培品種屬澀柿系統者，如牛心柿、四週柿及枝垂柿等<sup>(4,5)</sup>。柿子之採收期在10 - 11月，屬產期集中的果樹。因甜柿主供鮮食之用，澀柿可以製造柿餅或脫澀後以水柿(浸柿)形態供鮮食<sup>(3)</sup>，兩者皆深受消費者喜愛。

傳統的柿餅製造全程採用「自然日曬法」，其品質因柿青原料、日照、溫度、濕度、風速等氣候條件而異。在良好乾爽的氣候條件下，可以製成色澤優良且風味質感俱佳之柿餅，但柿餅製造期間若連逢陰雨，則因柿餅表面潮濕不乾，會有微生物之增殖，經常造成60 ~ 70%柿青原料之腐敗發生，縱使可製成柿餅，經濟價值也較低，因外觀呈褐黑色之劣等柿餅。柿餅製造過程中褐變反應的發生，可以硫燻改善，但硫燻過量則會引起柿果中果膠含量的降低，並減緩酚類物質於柿餅乾燥過程中減少之趨勢。

<sup>1</sup>史宏財 桃園區農業改良場副研究員

<sup>2</sup>許明仁 國立台灣大學園藝學研究所副教授

櫻井等<sup>(7,8)</sup>報告柿子以火力乾燥設施進行乾燥時，溫度不可高於35°C，濕度約在50%上下，且不可急速的進行乾燥。柿餅以熱風45°C至55°C乾燥80至90小時可以製成柿餅<sup>(6)</sup>。柿餅加工也可以45°C熱風乾燥，但須配合熱風乾燥機的停機，以讓柿餅果肉內、外水分達到平衡，才可製成品質均一無厚皮之柿餅<sup>(1,2)</sup>。柿餅製造應用太陽能可以在五天中完成<sup>(9)</sup>。現行臺灣柿餅加工業者對不良氣候因應之對策為採用熱風乾燥機進行柿表面乾燥，並配合硫燻以防止柿餅表面長黴而腐敗，業者為求加速乾燥，多採用高於45°C之溫度進行乾燥，此未達後熟軟化程度之柿青因長時間高溫熱風乾燥，會使柿餅有外乾內濕中心軟肉之感，並使柿餅發生硬皮及澀味無法轉化脫除，食口性不佳，使消費者食用後無再購買之慾望，如此惡性循環，可能會造成傳統柿餅加工產業之危機。

本研究在比較密閉空間內濕度之除濕乾燥法與自然日曬法之差異，期能以除濕乾燥法製得優良品質之柿餅，使日後柿餅製造可以完全不受外界天候影響，在室內可以完成，穩定農民或柿餅製造業之加工收益。

## 材料與方法

- 一、試驗材料：石柿。
- 二、試驗地點：北埔鄉農會柿餅加工站。
- 三、試驗方法

(一)自然日晒乾燥：削皮柿青直接置於晒場，夜間收入室內至柿餅製成爲止。

(二)柿餅除濕乾燥製程：石柿經分級、追熟、削皮後，置於除濕乾燥室中(28.0 - 30.5 °C、RH 48.3 - 69.8%)，約經過五次間歇循環操作(每個循環爲除濕18小時，停機6小時)製成柿餅。

(三)硫燻處理：在石柿柿青削皮進行乾燥兩天，果實微有軟化現象後，每隔一日進行硫燻乙次，最終於柿餅製畢裝箱冷凍前再燻蒸乙次。

### 四品質分析

1. 柿青腐爛率：柿青腐爛個數除以同批柿青總個數，再乘以100%得之。
2. 重量變化：乾燥中之柿餅定時稱重之。
3. 水分含量：乾燥中之柿餅定時以精密分析天平稱重，再以新鮮削皮後之重量減之，經除以新鮮削皮後之重量，再乘100%得之。
4. 色澤 (color)：以色差計 (Color and Color Difference Meter, Model C-5170 TOKYO Denshoku Co.) 測定，其值以 L、a、b 讀出。
5. 糖類：
  - (1) 抽取溶液：酒精/水 (50/50, v/v)。
  - (2) 移動相溶劑：取氫甲烷 (acetonitrile) 800 ml 加入去離子水 200 ml，配成氫甲烷/水 (80/20, v/v) 溶液，經過抽氣振盪除去氣泡，再以 0.45  $\mu$ m 篩孔之濾膜過濾之。
  - (3) 高效能液相層析儀：日本 Jasco 公司製造 Model FAMILIC-300 Semi-micro HPLC System；積分儀爲日本 Jasco Chromatocorder 12 型自動積分儀。
  - (4) 柿餅樣品前處理：柿餅 (取 5 克樣品) → 加入 50 ml 抽取溶液 → 激烈振盪 → 再以抽取溶液定量至 100 ml → 濾液經 5000 rpm 離心 10 分鐘 → 上澄液經 SepPak-C18 管柱及樣品過濾器過濾 → 冷凍待測。

6. 水活性：採用瑞士 RO-TRONIC Hygroskop DT, ART NO DT2/1-001V 水活性儀測定。

## 結果與討論

### 一、柿青原料與除濕乾燥之條件

#### (一) 果實重量之分佈

食品之乾燥速率常受其果實大小與表面積之影響。本研究為求試驗結果精確及符合生產農民之實際作業，乃將柿青在農民收穫後，先經果實分級機，將過大及過小者汰除，再進行削皮等待進行乾燥。本研究所採用之石柿果實大小呈現常態分佈(圖1)，果實重量主要分佈於60至80克之間。

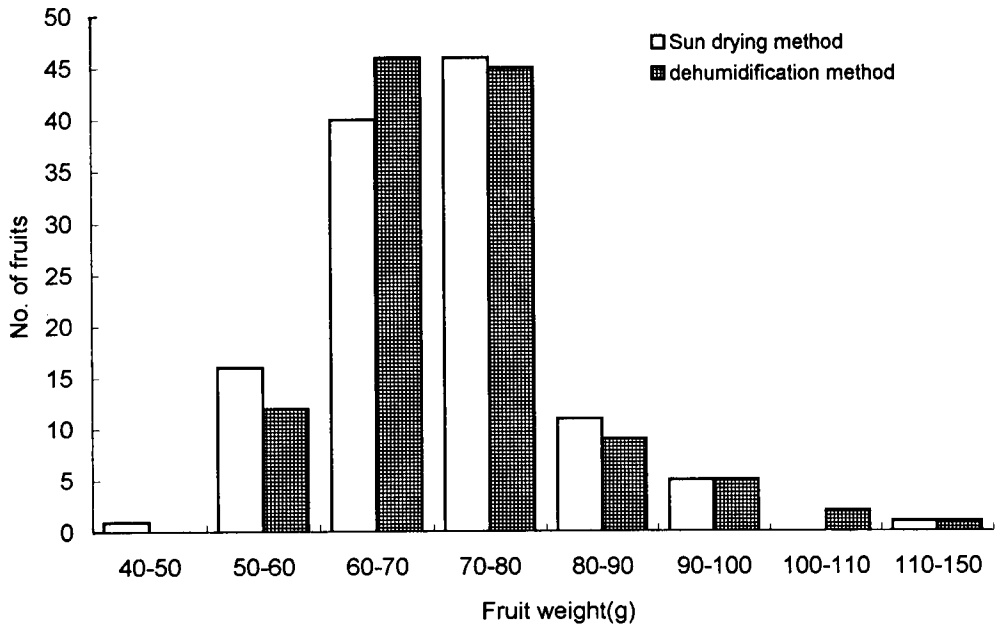


圖 1. 自然日晒法與除濕乾燥法製造柿餅之柿果果重分佈

Fig. 1. Number of fruit sampling distribution patterns of different drying methods.

#### (二) 除濕乾燥室之環境條件

本研究所使用之除濕乾燥室設於新竹縣北埔鄉農會之柿餅加工站，除濕乾燥試驗進行時之乾燥條件如圖 2，乾燥室中溫度維持在 28.0 °C 至 30.5 °C，相對濕度約在 RH 48.3 % 至 69.8 % 間，共計使用東元電機生產之業務用除濕機兩台。以自然日曬方法進行柿餅製造之條件則為 19.5 °C 至 38 °C，大氣之相對濕度則約在 RH 46 % 至 84.5 % 間(如圖 3)，惟其製造過程中之相對濕度變化與除濕乾燥法差異甚大，每天總有約 16 至 18 小時在 70 % 以上。

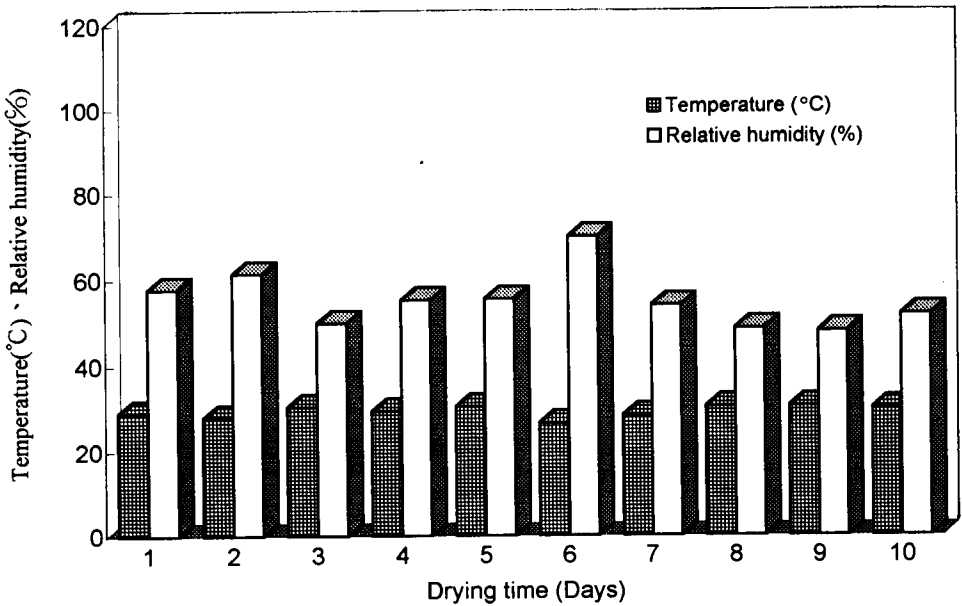


圖 2. 以除濕乾燥法製造柿餅期間之溫度、相對濕度及電力消耗之變化  
Fig. 2. Changes in temperature and relative humidity during dehumidification drying of persimmons.

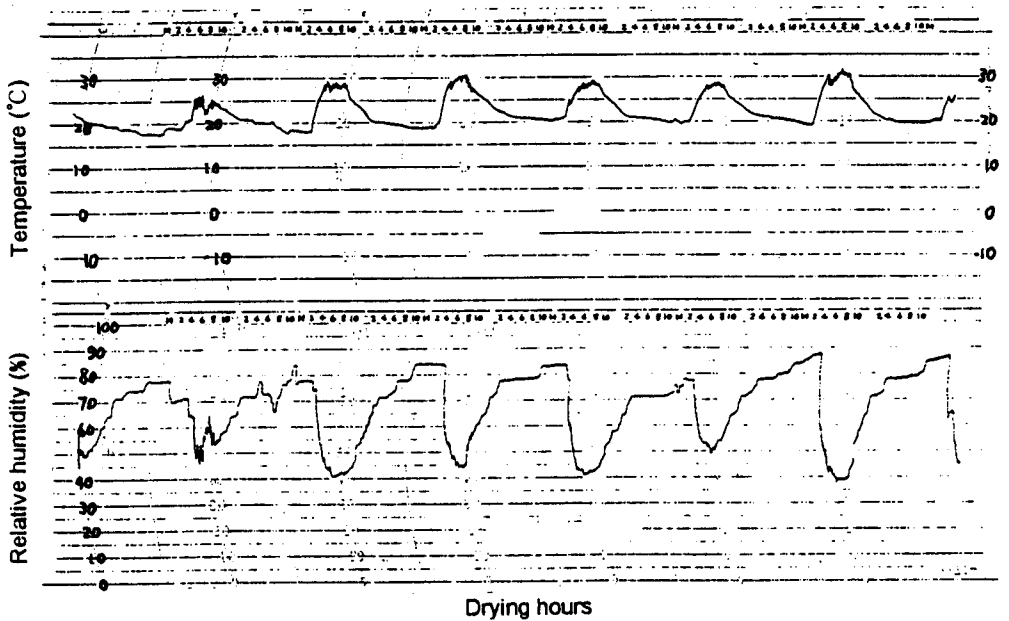


圖 3. 北埔農會加工站之室外溫度與相對濕度之變化  
Fig. 3. Changes in outdoor temperature and relative humidity at Pei-Pu

## 二、除濕乾燥法與日晒乾燥法之比較

### (一)除濕乾燥之柿果水分之變化及相對應之乾燥條件

新竹地區傳統柿餅之製造皆倚賴自然日曬，而日曬之主要目的為移去柿青中的水分，此種水分的移除，主要乃倚賴乾爽之北風造成低的相對濕度。在陰雨氣候下，因大氣環境之相對濕度可高達 RH 80 % 以上，此時容易發生腐爛現象，而在無風無雨之氣候下，柿餅因柿果中水分的蒸發，造成柿表面呈高相對濕度之狀態，也有發生腐爛之可能，此時陽光之照射有助於水分之移除。為探討除濕乾燥之效果，以及在固定效率的除濕機運作下，多少量的柿青可以順利的製成高品質的柿餅，本研究每日以固定量經削皮後之柿青(11月2日、3日、4日、5日共四批次柿青)，送入除濕乾燥室中製造柿餅，測定其乾燥過程中水份含量的變化，並記錄其間的溫、濕度及使用電力度數，結果顯示(表1)在整個乾燥過程中，除濕乾燥室中之溫度維持在28.0 °C至30.5°C間，相對濕度則維持在 RH 48.3 %至69.8%之間。

而在11月2日至11月11日的整個11天乾燥試驗期間，除濕室中之最大相對濕度並非出現於柿青量最多(646.85公斤)的11月5日，相反的出現於其後的11月6、7日，其原因可由表1的每日水分除去量可見端倪，因為在柿餅除濕乾燥室中每日水分除去之量並非在11月5日為最高，反而是在11月6、7兩日達到最高，分別為103.11 公斤、121.46公斤，此表示除濕室中之相對濕度並不完全與室中的柿青總重成正相關，而是和室中之每日水分除去量有關。對於11月6、7兩天的高相對濕度，顯示本除濕乾燥室中所使用的兩台東元業務用除濕機效率不足，因而導致乾燥室中相對濕度的提高，此點並可由表2之柿青腐爛率得到佐證。

由表2柿青腐爛果數與其腐爛率(%)之調查，顯示若在除濕效率不足下，柿青最易腐爛的時期(即腐爛率最高的時期)出現在乾燥室中相對濕度最大的時期，也就是柿青果實正已後熟軟化之時，換算為時間，則為柿青削皮後，送入乾燥室進行乾燥的第3及第4天，例如11月3日之批次，在11月6、7日會有最大之腐爛率，而11月4日之批次，則在11月7、8日會有最大之腐爛率。本研究中之11月2日與11月5日進行乾燥之兩批次柿餅之低腐爛率原因，乃是11月2日者之柿果後熟軟化時，其果實總量尚少所致，而當11月6、7日相對濕度達到最高時，其柿餅已形成一層較乾之再生皮所致，至於11月5日之批次柿青之低腐爛率，則純係乾燥室中之相對濕度因柿餅製作完成，經移出室外，乾燥室中之柿果總量以已然減少導致的低相對濕度造成。

就上述資料(如11月2日批次)而言，在柿餅製造時，除濕室中之柿青重量若能維持在374公斤，因此時乾燥室中之相對濕度仍低，故其腐爛率相對也低。另由經驗中判斷，若室中之相對濕度若能維持在 RH 65 % 以下，也有極低的腐爛率。

### (二)色澤

柿餅乾燥過程中，外觀色澤有褐化現象發生，但若經過適當硫燻處理依然可以保有優良的色澤，圖4、5、6為以除濕乾燥法與日晒乾燥兩種方法所製得柿餅之色差計測值，結果顯示L、a、b值均隨乾燥時間之增加而降低，對代表柿餅亮度的L值(圖4)而言，以除濕乾燥法進行乾燥初期之柿餅有較明亮之外表，但至乾燥後期則與日晒乾燥法所製得之柿餅相差無幾。

柿果在製造柿餅之前都必需經過削皮步驟，而削皮則須在柿青果實尚未軟化之前的八、九分成熟度時為之，成熟度太低則因果實中全可溶性固形物太低，所製得柿餅乾癟無肉，成熟度太高則因柿青軟化導致削皮不易。故當使用八、九分成熟度柿青製造柿餅時，其削皮後果實之後熟作用仍然進行，果實之色澤會由青黃慢慢轉為黃橙，繼而再轉為紅橙色。當以自然日曬法製造柿餅時，因為柿青是在自然狀態下，緩慢的乾燥進行間同時進行後熟作用，並使柿青成熟作用進行較

表1. 以除濕乾燥法製造柿餅之乾燥室中柿青重量變化、溫度、相對濕度及消耗電力度數  
Table 1. Changes in persimmon weight, temperature, relative humidity and electric power consumption with dehumidification drying methods.

Batch of drying /Date of drying	Date and duration after drying									
	11/2 0	11/3 1	11/4 2	11/5 3	11/6 4	11/7 5	11/8 6	11/9 7	11/10 8	11/11 9
11/2 Weight residual	374.06	286.32	231.74	200.79	171.85	144.01	121.84	-	-	-
11/3 Weight residual	-	185.00	143.16	115.87	93.91	80.86	59.74	50.00	-	-
11/4 Weight residual	-	-	190.03	145.16	113.86	85.67	64.26	51.95	43.95	-
11/5 Weight residual	-	-	-	185.00	145.74	113.86	96.16	80.29	66.92	56.26
Total weight of persimmon(kg)	374.06	473.35	561.93	646.85	522.78	424.40	342.00	182.24	110.87	56.26
Water loss (kg/day)	-	87.87	96.42	103.11	121.46	100.96	82.40	37.92	21.33	10.66
Room temperature(°C)	29.1	28.0	30.5	29.5	30.5	26.6	28.3	30.4	30.5	29.9
Room RH (%)	57.7	61.4	49.7	55.1	67.3	69.8	53.7	48.3	47.6	51.4
Electric power consumption	107.1	117.8	127.4	137.0	147.2	156.4	169.8	171.9	182.5	191.2

表2. 以除濕乾燥法製造柿餅之柿青腐爛率變化  
Table 2. The rotten ratio of dehumidified persimmon by dehumidified methods.

Batch of drying <sup>1)</sup>	Date and duration after drying										Rotten No.
	11/2 0	11/3 1	11/4 2	11/5 3	11/6 4	11/7 5	11/8 6	11/9 7	11/10 8	11/11 9	
No. of rotten persimmons	11/2	0	0	0	31	0	0 <sup>1)</sup>	-	-	-	31
	11/3	-	0	0	168	100	187	23 <sup>1)</sup>	-	-	478
	11/4	-	-	0	45	336	285	68	0 <sup>1)</sup>	-	734
	11/5	-	-	0	0	45	65	75	13	15 <sup>1)</sup>	213
Accumulated rotten ratio (%)	11/2	0	0	0	0.60	0.60	0.60 <sup>1)</sup>	-	-	-	0.59
	11/3	-	0	0	6.48	9.68	17.54	18.43 <sup>1)</sup>	-	-	18.43
	11/4	-	-	0	1.73	14.69	25.67	28.30	28.30 <sup>1)</sup>	-	28.30
	11/5	-	-	0	0	1.73	4.24	7.13	7.63	8.21 <sup>1)</sup>	8.21

<sup>1)</sup> Final product of dehumidified persimmon.

為完全，因而柿青轉色也較為完全，故當測定代表果實紅色度的色差計測值 a 時(圖5)，顯示在整個乾燥過程中，自然日曬法所製得柿餅之 a 值明顯的較以除濕乾燥法所製得柿餅為高，但當柿餅製作完成時，則兩種方法所得柿餅則也相差不多。

至於黃色度測值 b 之差異，顯示兩種乾燥方法僅在乾燥末期顯現出差異(圖6)，即以除濕乾燥法所製得柿餅之色澤有呈現較黃之趨勢，其可能是由於除濕乾燥速度較以自然日曬乾燥速度快約兩天，其果實轉色的程度不及自然乾燥法之完全所致，但此種金黃色的外觀相當受業者及消費者喜愛。

綜合以上色澤之變化，顯示以除濕乾燥法進行柿餅製造，仍然可以得到與日曬乾燥法所製得柿餅之色澤品質，且柿餅產品色澤均一，不似以自然日曬法乾燥柿餅時，因天候影響而有褐化變黑情形。

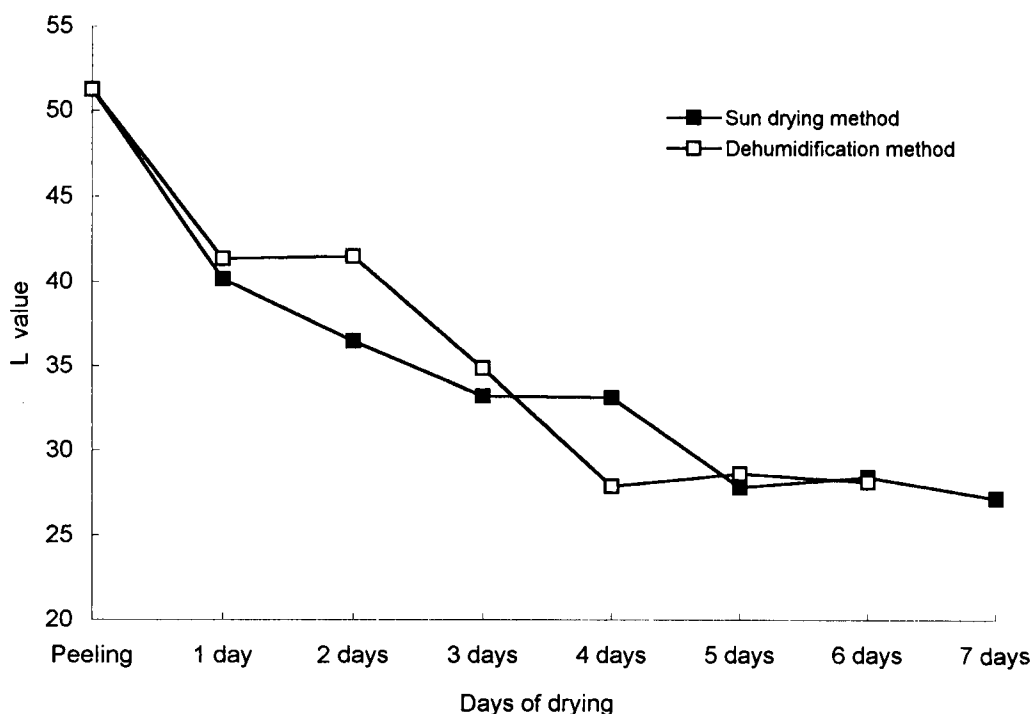


圖 4. 以自然日曬法與除濕乾燥法製造柿餅期間柿餅 L 值之變化

Fig. 4. Changes in L value of persimmons during sun drying and dehumidification drying.

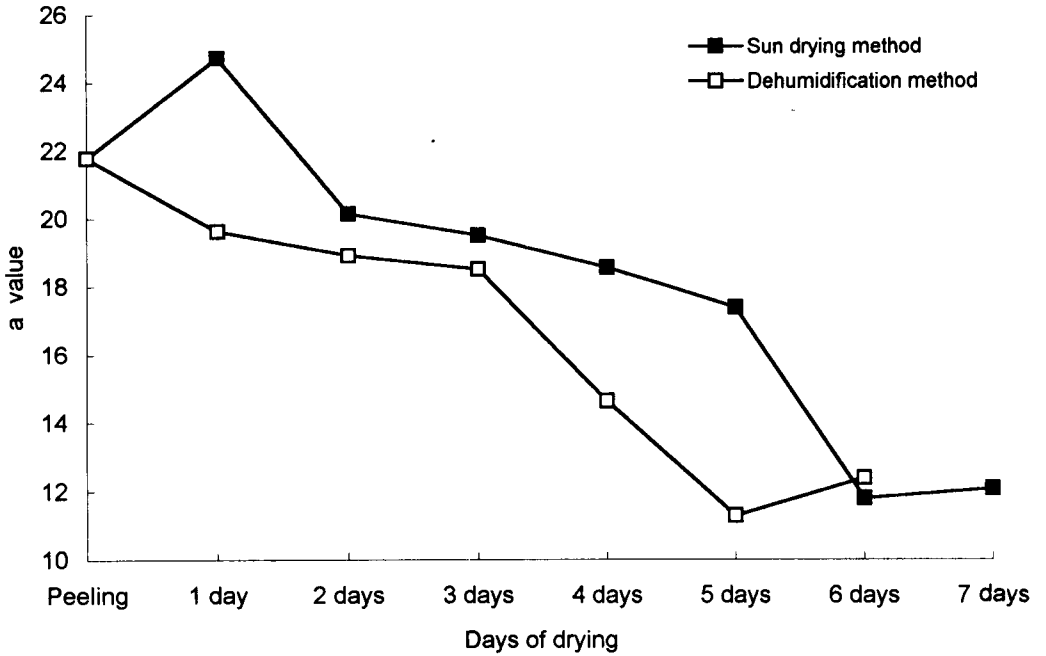


圖 5. 以自然日曬法與除濕乾燥法製造柿餅期間柿餅 a 值之變化

Fig. 5. Changes in a value of persimmons during sun drying and dehumidification drying.

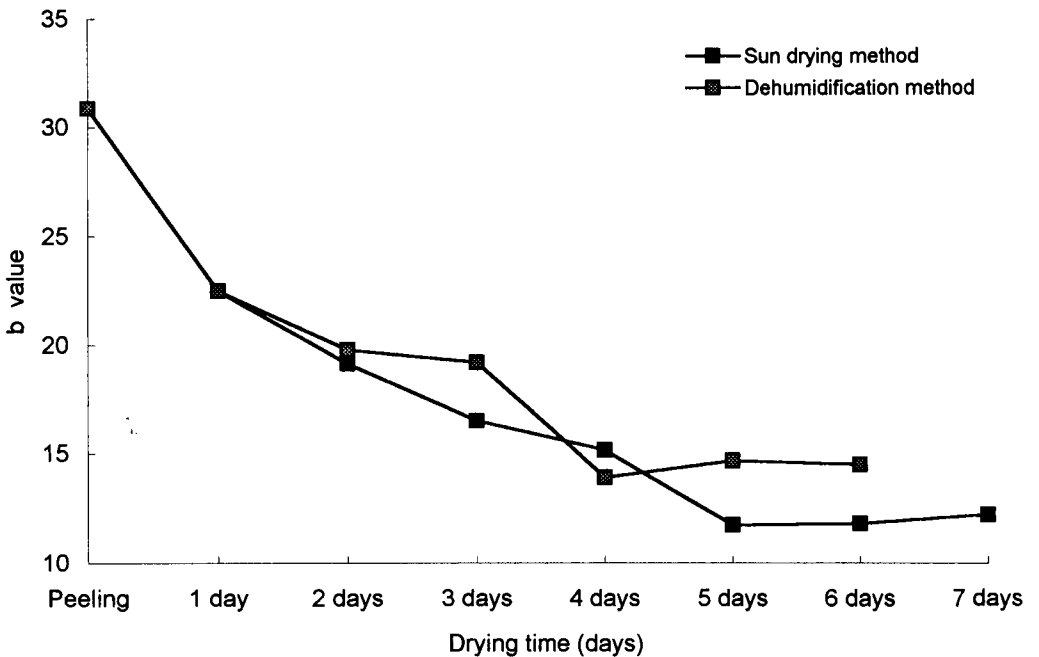


圖 6. 以自然日曬法與除濕乾燥法製造柿餅期間柿餅 b 值之變化

Fig. 6. Changes in b value of persimmons during sun drying and dehumidification drying.



## (三) 糖類

以除濕乾燥法與日曬乾燥法所製得柿餅之糖類分析，顯示(圖7)以自然日曬乾燥法所製得柿餅有較高之葡萄糖與果糖，平均約較除濕乾燥法高約1至2%，此可能是日曬乾燥法為緩慢的進行乾燥，故有足夠的時間讓柿子果實中之糖類轉化所致。

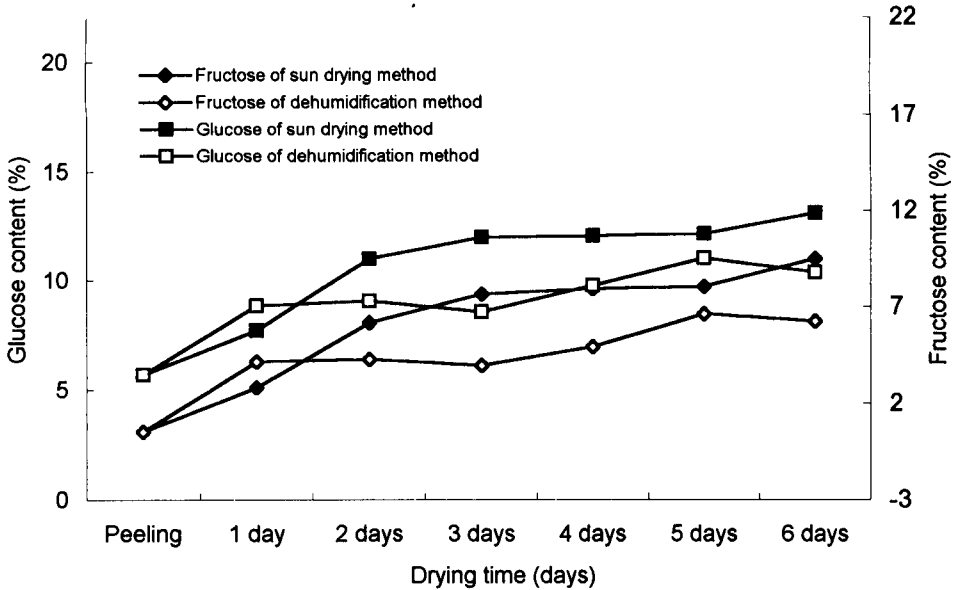


圖 7. 自然日曬法與除濕乾燥法製造柿餅期間葡萄糖與果糖之變化

Fig. 7. Changes in fructose and glucose contents of dehydrated persimmons during sun drying and dehumidification drying.

## 四 硬度

由於日曬乾燥法是一種緩慢的乾燥方式，其自柿果中移除水份較以除濕乾燥法為緩和，故其日曬過程中，柿餅外表所形成之再生皮也較以除濕乾燥法為薄，且柿餅內部果肉與外部所形成再生皮之水分落差較小，是以自然日曬乾燥法所得之最終柿餅硬度顯較以除濕乾燥法者為低(圖8)，但以除濕乾燥法所收穫之柿餅，經貯放數天後，因柿餅內外水分的緩慢均勻分佈，原所形成之較厚再生皮會變的較不明顯，也可以達到和日曬法所得柿餅相當之程度。圖8中顯示柿餅硬度在乾燥進行兩天後，就呈現逐步上升之現象，其原因為隨乾燥時間的增加，柿餅中水分的漸漸減少，所產生再生皮之厚度增加所造成。

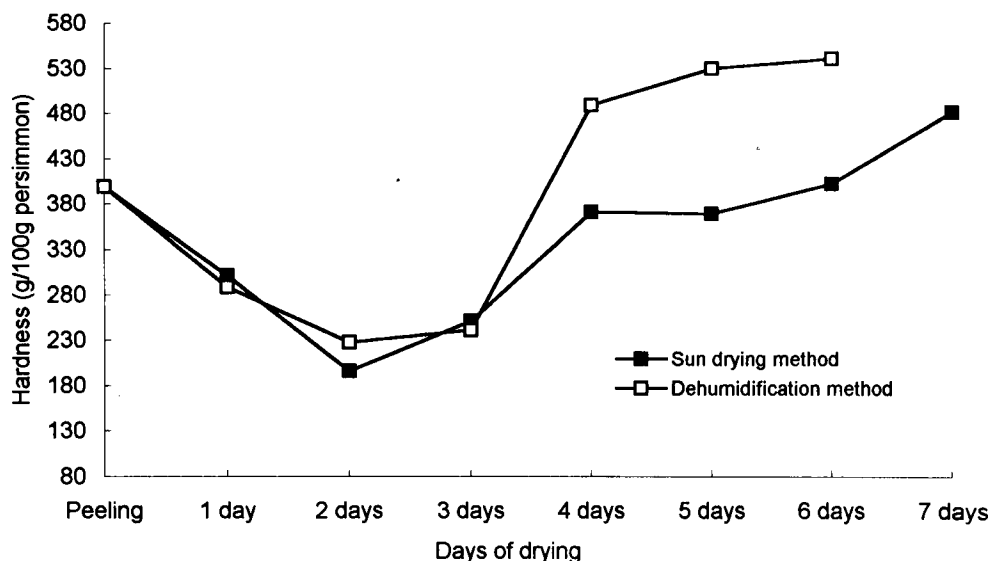


圖 8. 自然日曬法與除濕乾燥法製造柿餅期間硬度之變化

Fig. Comparison of persimmon hardness during sun drying and dehumidification drying.

㉔水活性

測定以除濕乾燥法與日曬乾燥法所製得柿餅之水活性，顯示(圖9)兩種乾燥方法柿餅成品之水活性皆在 0.84 以上，而日曬乾燥法者又較除濕乾燥法者高一些。顯示在目前消費者與業者皆偏好水分含量較高的柿餅及製造之前提下，此類柿餅皆無法在室溫下保存，必需藉助硫燻與冷凍庫來貯存已製成之柿餅。

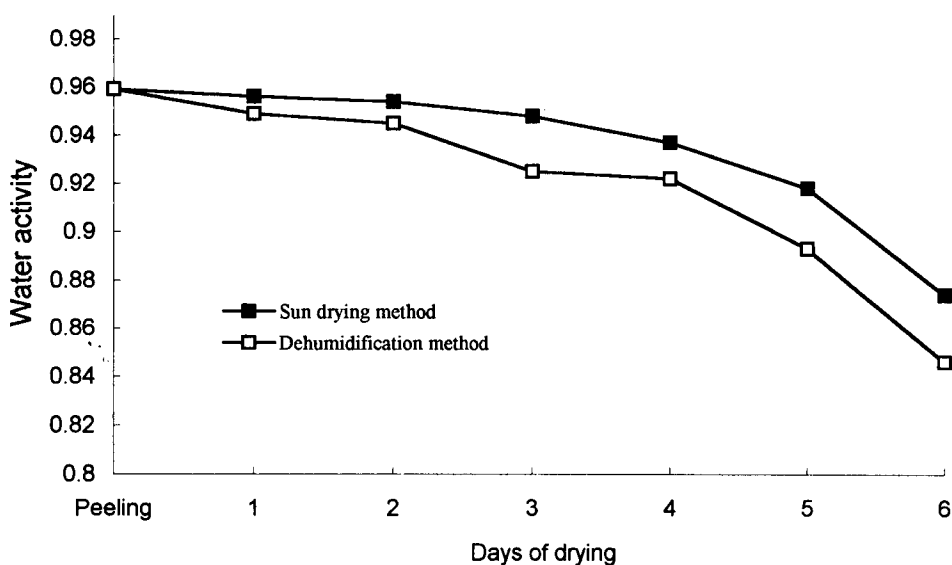


圖 9. 自然日曬法與除濕乾燥法所製成柿餅之水活性比較

Fig. 9. Changes of the water-activity during sun drying and dehumidification drying.

### 內柿餅收量及成品

除濕乾燥法由於是應用除濕乾燥機將柿青中水分強制性的排除，雖然消耗電力增加成本，但在提高乾燥速率及縮短乾燥時間方面，顯較自然日曬法為快。圖10顯示以除濕乾燥法與日曬乾燥法製成柿餅過程間之重量變化，明顯可見除濕乾燥法較日曬乾燥法提前兩天完成柿餅之製造。以除濕乾燥法約可在乾燥五天後製成柿餅，而利用自然陽光之日曬乾燥法，則須七天才可以完成柿餅之製造全程。

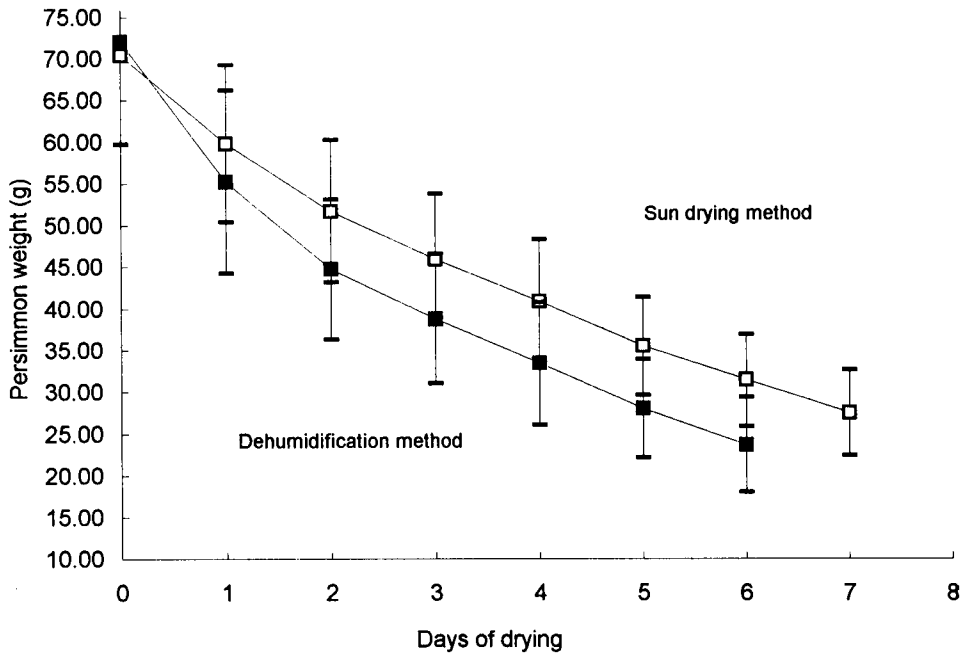


圖 10. 自然日曬法與除濕乾燥法製造柿餅期間柿餅重量之變化

Fig. 10. Comparison of persimmon weight during sun drying and dehumidification drying.

以傳統之自然日曬法所製成之柿餅品質常受柿青原料之品質、成熟度與大氣環境之日照、溫度、相對濕度等因子之影響，此種生產氣候之不穩定，常造成農民、業者血本無歸，而農村人力老化、僱工不易所導致柿餅生產成本之提高，也是目前柿餅加工主要存在之問題。故利用降低密閉空間內濕度，並配合除濕機除濕運作時間控制的除濕乾燥法，可以改善以乾燥機進行柿餅加工所產生之脫澀不全與柿餅表皮過於厚硬情形，並可以取代自然日晒法製造柿餅。除濕乾燥法所需之乾燥空間僅為日曬法之十分之一，且各項柿餅之揉捏、檢選、收成，甚或燻蒸步驟都可在室內完成，完全可以免除傳統晒場之柿餅竹盤搬上或拿下之辛勞，在農村人口老化之際，對加工業者人力之應用頗有助益。

除濕乾燥法之原理及應用簡單，乾燥過程中僅需注意溫濕度之控制與風量的均勻性，操作上較熱風乾燥機簡單、易學，而且除濕乾燥機之售價僅及一般熱風乾燥機的四分之一，但其柿餅的加工處理量與方便性卻遠大於熱風乾燥機。本研究所採用除濕乾燥法之除濕運作時間與停機讓柿餅內部水分均衡時間之比例為18:6，在操作上可以利用自動控制為之，研究結果並顯示製造柿餅之效果良好，未來若對其除濕運作時間比例之再調整，應可以製得色澤與品質更佳之柿餅，而其削皮與燻蒸步驟若經改善完全，則柿餅製造之自動化比例應可提高。

## 誌 謝

感謝北埔農會提供北埔大湖柿餅加工站場地及柿餅削皮、乾燥及燻蒸等相關人力及設備，更感謝財團法人中正農業科技基金會提供經費補助，使本研究技術順利開發完成。

## 參考文獻

1. 史宏財。1991。柿餅乾燥過程之生理變化與褐變抑制之研究。台灣省桃園農業改良場八十年度工作報告。
2. 史宏財。1992。牛心柿乾燥過程之品質變化研究。台灣省桃園農業改良場八十一年度工作報告。
3. 林欣榜。1985。柿子的脫澀。食品工業 17(11):25-32。
4. 康有德。1990。柿。台灣農家要覽 豐年社 p.843-854。
5. 郭正鑑。1984。柿子加工法研究—柿餅加工調查及改良。台灣省桃園農業改良場。
6. 黃淵輝、盛惠泉。1986。柿餅加工試驗。嘉義農業試驗分所七十五年工作報告。
7. 櫻井芳人、齊藤道雄、東藤秀雄、鈴木明治。1975。總合食科工業 391 - 397。恆星社 厚生閣 東京都。
8. Kuwabara, H., S. Takanami, I. Oguri, T. Yoshida, T. Nakajima, and J. Shiozawa. 1984. Experiments on dried persimmon. Research Report of the Nagano State Laboratory of Food Technology No.12:90-97.
9. Marder, R. and A. Shoemaker. 1993. The solar drying of persimmon fruits. Food Chain No.1: 3-5.

# Study of Persimmon Dehydration Using Dehumidification Method

Horng-tsair Shih and Ming-jen Sheu

## Summary

Dehydration of persimmons (*Diospyros kaki* L.) using dehumidification method at the range from 30 °C to 35 °C and 50 to 65 % relative humidity environment resulted in the highest yield and the best quality of dehydrated persimmons, as compared to the products made from conventional sun drying method.

Dehumidification of persimmons at above conditions for 18 hours and then turn off the dehumidifier for six hours was the best operation condition for persimmon moisture balance and case hardening prevention. The dehumidification process took five days to remove about 61.3 % moisture of the persimmon. It is two days shorter as compared to sun drying method. Texture of the persimmon decreased to the lowest strength within two days due to fruit softening, and then gradually increased due to water removal and skin formation of dehumidified persimmon.

The dehumidified persimmon showed golden color appearance as that by sun drying. Glucose and fructose were the main sugars of persimmon, both of those sugars increased during the drying process. Sun drying persimmon showed a higher amounts of glucose and fructose than the dehumidified persimmon.

Key words : Dehydrated persimmon, Dehumidification, Quality evaluation.